



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Hannes Lige

**FUNGITSIIDI ORIUS 250 EW MÕJU METSA-SÜSIJOOKSIKU
PÕHIKÄITUMISTELE**

THE EFFECT OF FUNGICIDE ORIUS 250 EW ON THE BASIC
BEHAVIOURS OF *PTEROSTICHUS OBOLONGOPUNCTATUS*

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendajad: Karin Nurme MSc

Anne Must PhD

Tartu 2018



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Hannes Lige		Õppekava: Põllumajandusesaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Fungitsiidi Orius 250 EW mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele			
Lehekülgi: 31	Jooniseid: 5	Tabeleid: 0	Lisasid: 0
Õppetool: Taimetervise õppetool Uurimisvaldkond: Entomoloogia, taimede parasitoloogia (B250); loomaetoloogia ja -psühholoogia (B380); agrokeemia (B434) Juhendaja(d): Karin Nurme MSc, Anne Must PhD Kaitsmiskoht ja aasta: Eesti Maaülikool, 2018			
<p>Fungitsiidide kasutamine taimahaiguste tõrjes on saanud väga tähtsaks osaks põllumajanduses. Fungitsiidide kasutamise kasvutrendi üks peamine põhjus on tootjate soov saada võimalikult suur ja kõrge kvaliteediga saak ning sellest tulenevalt ka suurem kasum. Kasutades taimekaitsevahendeid puutuvad nendega kokku ka mitte sihtorganisimid, nende hulgas kasulikud putukad – tolmeldajad, parasitoidid ning röövlüliljalgsed. Jooksiklased on oma suure arvukuse ja söögiisuga väga tähtsad taimekahjurite looduslikud vaenlased. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli esmakordselt mõõta fungitsiidi Orius 250 EW (toimeaine tebukonasool) mõju metsa-süsijooksikute põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumisele. Katse praktilises osas töödeldi jooksiklasi fungitsiidi kahe erineva lahusega (toimeaine kontsentratsioonidega 1,25 g/L ja 0,31 g/L) mis on vastavalt maksimaalne ja minimaalne kontsentratsioon, mida on põllul lubatud kasutada. Kardikaid mõjutati sissekastmismeetodil, kestvusega 5 sekundit. Jooksiklaste käitumist filmiti veebikaamera vahendusel kahel järjestikusel päeval pärast esimest töötlust. Andmete töötlemiseks ja analüüsimiseks kasutati arvutitarkvara Ethovision XT. Uurimistöö tulemustes selgus, et mõlemal fungitsiidi kontsentratsioonil oli mõju jooksiklaste lokomotsioonile ja toitumisele. Tugevama kontsentratsiooniga töödeldud kardikad olid mõlemal filmimise päeval hüpoaktiivsed ja läbisid kontrollkardikatest 2,5 korda lühema vahemaa. Nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud kardikad muutusid hüperaktiivseteks ja läbisid 1,8 korda pikema vahemaa. Tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud kardikatele mõjus fungitsiid toitumisele pärssivalt, tarbides kahe päeva peale 3 korda vähem toitu kui kontrollkardikad. Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud jooksiklaste toitumisaktiivsus sõltus töötlusele järgnenud ajast. Esimesel päeval tarbisid nad 50% vähem toitu ja teisel päeval 50% rohkem toitu kui kontroll. Antud muutused jooksiklaste põhikäitumistes võivad vähendada nende biotõrjelist efektiivsust. Edasi tuleks uurida veel erineva toimeainega fungitsiidide mõju kasulike lüliljalgsede põhikäitumistele.</p>			
Märksõnad: jooksiklased, tebukonasool, lokomotsioon, toitumisaktiivsus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Hannes Lige		Specialty:	
Title: The effect of fungicide Orius 250 EW on the basic behaviours of <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			
Pages:31	Figures: 5	Tables: 0	Appendixes: 0
Department: Chair of Plant Health Field of research: Entomology, plant parasitology (B250); animal ethology and psychology (B380); agrochemistry (B434) Supervisors: Karin Nurme MSc, Anne Must PhD Place and date: Estonian University of Life Sciences, 2018			
<p>Fungicide use has become increasingly important in agricultural plant protection. One of the main reasons behind this increase is the desire to obtain high crop yield and quality, and thus greater profit. Non-target organisms – pollinators, parasitoids, and predatory arthropods, are inevitably exposed to pesticide treatments. Carabids (predaceous ground beetles), often species-rich and voracious, are important natural enemies of crop pests. The aim of this study is for a first time to examine the effect of the fungicide Orius 250 EW (active ingredient tebuconazole) on the basic behaviours – locomotion and feeding activity of <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>. In this experiment the beetles were exposed to two different fungicide emulsions (active substance concentrations 1.25 g/L and 0.31 g/L), which are maximum and minimum field concentrations, respectively. Test beetles were dipped in fungicide emulsions for 5 s. On the first two days after the treatment the behaviour of carabids were video recorded with web-cameras. For data analyses, the computer-centered video-tracking system Ethovision XT was used. The result of this study showed that both fungicide concentrations affected ground beetle locomotion and feeding activity. Insects treated with higher concentrations were hypoactive on both filming days, as distance travelled was 2.5 times shorter compared to the control group. Lower fungicide concentrations caused hyperactivity on the second day, where the distance travelled was 1.8 times longer compared to controls. Feeding activity was inhibited in beetles treated with high concentrations, as they consumed three fold less clean food than the control group. Feeding activity in the lower concentration group depended on the amount of time post-treatment. On the first day they consumed 50% less, and on the second day 50% more than the control group. These changes in the basic behaviour of carabid beetles may affect their biocontrol efficiency. Further field studies are needed to obtain more information regarding how fungicides with different active ingredients affect these beneficial arthropods' basic behaviours.</p>			
Keywords: carabid beetle, tebuconazole, locomotion, feeding activity			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Fungitsiidide kasutamine põllumajanduses	7
1.1.1. Tebukonasool	8
1.2. Fungitsiidide mõju lülijalgsetele	10
1.2.1. Suremus	11
1.2.2. Füsioloogia	12
1.2.3. Põhikäitumised	13
1.2.4. Populatsioon	13
1.3. Jooksiklaste taimekaitseline tähtsus	14
2. MATERJAL JA METOODIKA	16
2.1. Katseloomad	16
2.2. Fungitsiid Orius 250 EW	16
2.3. Katse ülesehitus	17
2.3.1. Mardikate töötlemine fungitsiidiga	17
2.3.2. Mardikate lokomotoorse aktiivsuse videofilmimine	17
2.3.3. Toitumis- ja lokomotoorse aktiivsuse mõõtmine	18
2.4. Statistiline analüüs	18
3. TULEMUSED	19
3.1. Fungitsiidi mõju mardikate lokomotoorsele aktiivsusele	19
3.2. Fungitsiidi mõju mardikate toitumisaktiivsusele	22
3.3. Orius 250 EW mõju metsa-süsijooksiklaste suremusele	23
4. ARUTELU	24
5. KOKKUVÕTE	26
KASUTATUD KIRJANDUS	28
LISAD	33

SISSEJUHATUS

Euroopa Liidu eesmärk on vähendada intensiivse põllumajanduse tootmist, asendades seda integreeritud viljelusviisidega. Selle edendamiseks on loodud erinevad toetused ja korraldatud palju info- ja demopäevi. Vaatamata sellele on pestitsiidide, sealhulgas fungitsiidide kasutamine pidevas kasvutrendis. Fungitsiidide kasutamise kasvutrendi üks peamine põhjus on tootjate soov saada võimalikult suur ja kõrge kvaliteediga saak ning sellest tulenevalt ka suurem kasum. Kasutades taimekaitsevahendeid puutuvad nendega ka kokku mitte sihtorganismid, nende hulgas ka kasulikud putukad – tolmeldajad, parasitoidid ning röövlüliljalgsed.

Jooksiklased on oma suure arvukuse ja suure söögiisuga väga tähtsad taimekahjurite looduslikud vaenlased. Maapinnal elavad mardikad võivad kokku puutuda fungitsiididega otseselt taimekaitsevahendi piiskadega, kaudselt kokkupuutudes saastunud mulla- ja taimeosakestega või süües saastunud toitu. Fungitsiidide toime kasulikele röövlüliljalgsetele võib olla kas letaalne või subletaalne. Selle tulemusena võib väheneda jookiklaste arvukus ja biotõrje efektiivsus. Toitumis- ja lokomotoorne aktiivsus on paljudele putukatele omased ja tähtsad põhikäitumised, mille abil on võimalik hinnata toksilise stressi taset.

Siiani on fungitsiidide mõju taimekahjustajate looduslikele vaenlastele väga vähe uuritud ning enamasti on uuritud vaid suremust ja koosmõju teiste pestitsiididega. Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli selgitada fungitsiidi Orius 250 EW (toimeaine tebukonasool) mõju röövtoidulise metsa-süsijooksiku *Pterostichus oblongopunctatus* (Coleoptera: Carabidae) põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumisaktiivsusele.

Käesoleva uurimistöö hüpoteesid olid:

- 1) Taimekaitsevahend Orius 250 EW kutsub esile muutusi röövtoidulise metsa-süsijooksiku lokomotoorses aktiivsuses.
- 2) Taimekaitsevahendil Orius 250 EW kutsub esile muutusi röövtoidulise metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsuses.

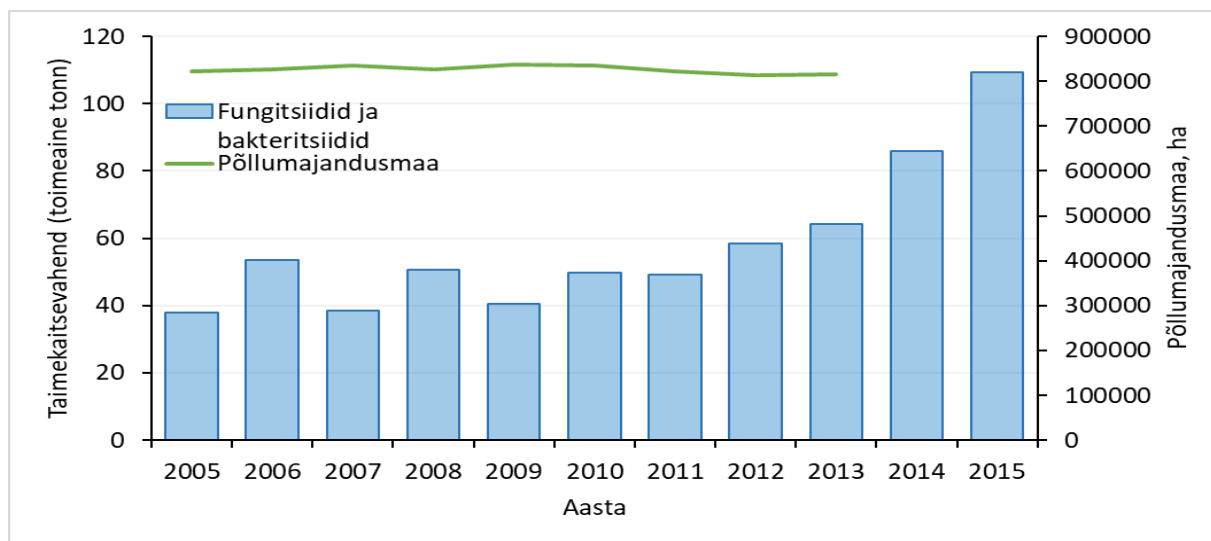
Autor tänab oma perekonda toetuse eest ja oma lõputöö juhendajaid Karin Nurmet, MSc ja Anne Musta, PhD ning inglise keele toimetaja Jonathan Willow.

Rahastusallikas: IUT36-2 "Jätkusuutlik taimekaitse: ökosüsteemi teenuste rakendamine taimekasvatustes"

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Fungitsiidide kasutamine põllumajanduses

Mikroseente poolt taimedele põhjustatavate kahjustuste kaitseks ja raviks kasutatavaid vahendeid nimetatakse fungitsiidideks (Stephenson jt., 2006). Fungitsiidide kasutamine taimehaiguste tõrjes on saanud väga tähtsaks osaks põllumajanduses, kuna seenhaigused põhjustavad kogu maailmas kuni 20 %-list saagikadu kõikide põllukultuuride saagist (Dias, 2012). Seenhaiguste levik sõltub peamiselt ilmastikust ja kasvatatava kultuuri sordist. Soojal ja niiskel suvel on rohkem probleeme seenhaigustega kui kuival ja külmal suvel. Sünteetilised fungitsiidid on odavad, neid on lihtne kasutada ja nad on väga efektiivsed, sellepärast on nad ka peamiseks tõrjevahendiks seenhaiguste vastu. Eestis on aastatel 2005 kuni 2015 fungitsiidide kasutamine kahekordistunud, aga põllumaa all olev pind pole selle aja jooksul suurenenud (Joonis 1). Seda on põhjustanud seenhaiguste intensiivistumine ja ka uute seenhaiguste levik. Talunikud on aru saanud, et investeerides taimekaitsesse on võimalik oma saaki suurendada ja seega teenida ka suuremat tulu.



Joonis 1. Fungitsiidide ja bakterisiidide turustamise maht toimeaine tonnides Eestis aastatel 2005–2015 ning põllumaa pindala hektarites (va. mahepõllumajandusmaa) aastatel 2005–2013. Statistikaamet 18.05.2018

Toimemehhanismi alusel jaotatakse fungitsiidid süsteemseteks ja kontaktseteks. 1930-ndatel aastastel töötati välja kontaktset fungitsiidid, mis asendasid kiirelt enamustel juhtudel anorgaanilised fungitsiidid (Deacon, 2007). Neid nimetatakse kontaktseteks, kuna nad mõjuvad ainult alale, millega nad kokku puutuvad. Seega seenhaiguste tõrjumiseks on vaja kogu taim katta fungitsiidiga ja taime kasvamisel on vaja protsessi korrata, et kõik taime osad oleksid ühtlaselt kaetud ja kaitstud haiguse eest. Kontaktset fungitsiidid on väga vastupidavad ja seened ei saavuta kergelt resistentsust nende vastu, kuna fungitsiid häirib seene ainevahetust (Deacon, 2007).

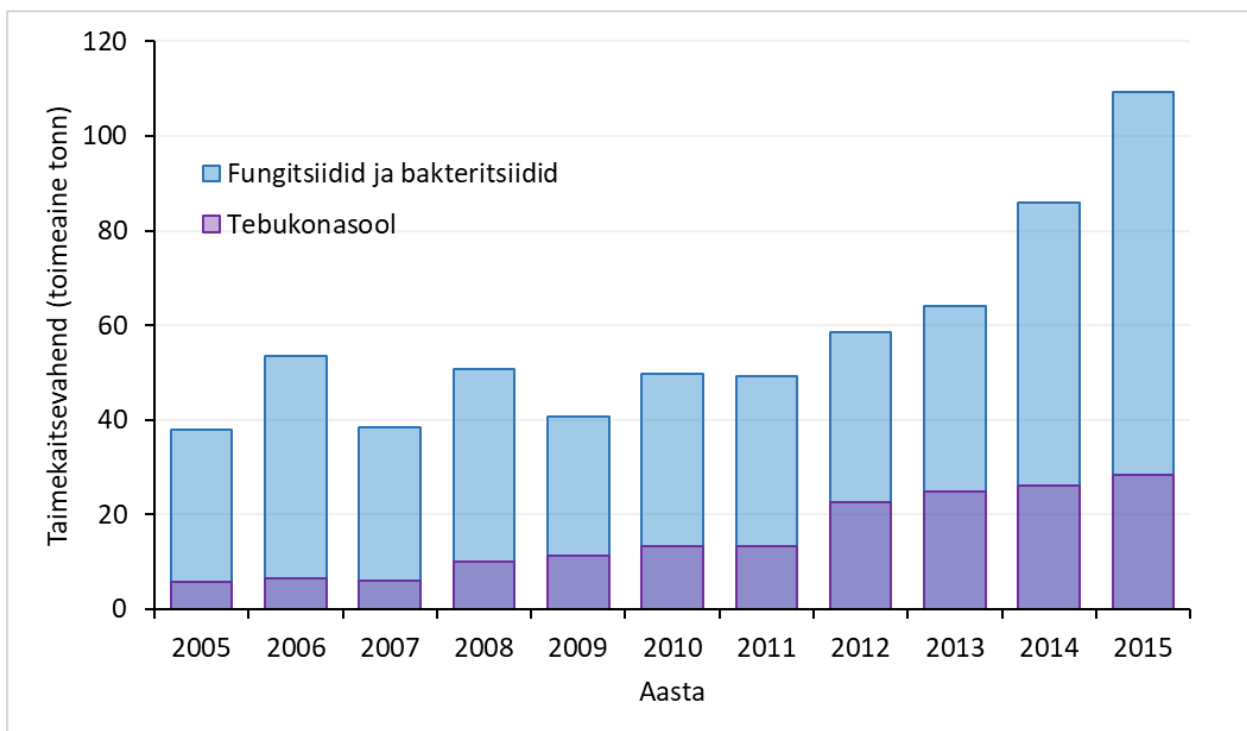
Süsteemset fungitsiidid töötati välja 1960-ndatel aastatel. Nad imenduvad taimemahla, kus fungitsiid jaotatakse mööda ksüleemi taimes laiali, seega kaitstud on ka uued noored tekkivad võrsed. Süsteemne fungitsiid ravib olemasolevat seenhaigust ja kaitseb ka uutesse seenhaigustesse nakatumise eest. Süsteemset fungitsiide kasutatakse palju, kuid nad ei liigu floemis allapoole, seega ei kaitse need mullast pärinevate patogeenide eest. Mullast pärinevate patogeenide kaitseks tuleks eelnevalt seemneid puhtida. Kuna süsteemsete fungitsiidide kasutamisel võib haigustekitaja saavutada resistentsuse ainult ühe geeni muteerudes, on vaja kasutada erinevate toimemehhanismidega fungitsiide (Deacon, 2007). Vaatamata süsteemsete fungitsiidide efektiivsusele, kasutatakse palju ka kontaktset fungitsiide, sest nad on odavamad ja tõhusad (Dias, 2012).

1.1.1. Tebukonasool

Tebukonasool on triasool fungitsiid, mida kasutatakse nii põldudel seenhaiguste tõrjeks, kui ka kasvuregulaatorina rapsil ja rüpsil. Tebukonasool on süsteemne fungitsiid, mis on efektiivne taimekaitsevahend teraviljadel roostehaigusterooste- kollase rooste (*Puccinia striiformis*) ja nisu-pruunrooste (*Puccinia tritici*), jahukaste (*Blumeria graminis*) ja nisu helelaiksuse (*Stagonospora nodorum*), võrklaiksuse (*Drechslera teres*), äärislaiksuse (*Rhynchosporium secalis*) ja fusarioosi (*Fusarium spp.*) vastu. Rapsil tõrjub efektiivselt valgemädanikku (*Sclerotinia sclerotiorum*), kuivlaiksust (*Alternaria brassicae*),

hahkhallitust (*Botrytis cinerea*) ja Mustmädaniku (*Phoma spp.*) (Põllumajandusamet 18.05.2018). Tebukonasool töötab pärssides steroidide demetüülimist (Roberts ja Hutson, 1999). Seda kemikaali kasutatakse nii pritsides kui ka puhtides.

Tebukonasooli kasutatakse väga palju üle maailma, sealhulgas Eestis on see enim kasutatav fungitsiid põllumaadel (Joonis 2). Tebukonsaooli sisaldavate fungitsiidide osakaal eesti turul on kõikidest fungitsiididest 26%. Kui fungitsiidide kasutamine 2005–2015 aastatel on suurenenud 3 korda, siis tebukonsaooli oma 5 korda. Eestis on kokku registreeritud 28 toodet, mis sisaldavad tebukonasooli ja need on kättesaadavad ainult taimekaitsetunnistusega kasutajale (Põllumajandusamet 18.05.2018)



Joonis 2. Fungitsiidide ja bakteritsiidide, sellehulgas ka tebukonasooli turustamise maht toimeaine tonnides Eestis aastatel 2005–2015. Statistikaamet 18.05.2018.

Tebukonasooli loetakse keemiliselt stabiilseks ühendiks, mille lagunemiskiirus ei sõltu temperatuurist ning looduslikus keskkonnas levinud pH väärtustel (pH 5–9) on stabiilne. Steriilses keskkonnas hüdrolüüsudes on poolestusaeg rohkem kui üks aasta. Poolestusaeg

mullas laboratoorsetes tingimustes on 1–3 nädalat, põllukatsetes lühem. Taimedes on metaboliitideks põhilised ühendid, mis sisaldavad triasooli. Erinevates kultuurtaimedes püsib tebukonasool ja ta laguproduktid pikka aega nt. teraviljades on tebukonsaooli poolestusaeg 12 päeva. Tebukonasooli peetakse mullas mitte akumulatsioonivaks, siiski on Eestis läbiviidud kaks ulatuslikku uuringut, mille tulemustest selgub, et teda on seirete käigus leitud nii mullast, pinna- kui ka põhjaveest. (Roberts ja Hutson, 1999)

Põllumajandusuuringute Keskus (PMK) määrab pestitsiidide hulka mullas 30-nel põllul üle Eesti ja nende seiresamm on 5 aastat. Viimasel aastakümnel on kasutatud seirepõldudel pestitsiididest kõige rohkem herbitsiide, aga mullast on leitud kõige rohkem fungitsiidide jääke (Põllumajandusuuringute Keskus 14.05.2018). Seega püsivad nad ka kõige kauem mullas ja on potentsiaalselt ohuks keskkonnale.

Tebukonasool on vesikeskkonnaspetsiifiline saasteaine, aga kuna tal on vees madal otsene fotodegratsiooni võimalus, loetakse ta stabiilseks fotolüüsi suhtes nii vees kui ka pinnases. Peamiseks mõjutajaks põhjavette sattumisel loetakse orgaanilise aine sisaldust. Mida rohkem on orgaaniliseid ained pinnases, seda vähem leostub saasteaineid põhjavette. Põhjavette sattumist aitavad leevendada ka pinnakatte paksus, tekstuur ja savirikas pinnas. 2017. aasta uuringutulemused näitasid tebukonasooli jääke kaheksal erineval uurimisalal, mille alla kuulusid jõed, ojad ja allikad. Tebukonasooli jääkide sisaldused olid küll väiksesed, kuid neid leidis üle kogu Eesti. Kõige rohkem leiti jääke kevadel, kuna siis uhutakse surveveega välja pinnasesse kogunenud fungitsiidi jäägid (Eesti Keskkonnauuringute Keskus 19.05.2018).

1.2. Fungitsiidide mõju lülijalgsetele

Alates 1960-ndatest on intensiivistunud põllumajanduse tegevused, mille tõttu kasutatakse ka rohkem väetisi ja pestitsiide (Tilman jt., 2002). Mullin jt. (2010) näitasid oma uuringus Põhja-Ameerika mesilastega, et nii mesilastes kui ka mesilassaadustes esineb palju

erinevaid taimekaitsevahendite jääke, selle hulgas enim fungitsiidide jääke. Enim fungitsiidi jääke, sealhulgas ka tebukonasooli, leiti õietolmust. Fungitsiidide kõrvalmõjusid on väga vähe uuritud, aga neid tuleks paremini mõista ja uurida, kuna need on tähtsad integreeritud taimkaitses ja jätkusuutlikutes tootmissüsteemides (Madbouni jt., 2017).

1.2.1. Suremus

Mitmed uuringud on näidanud, et fungitsiidid on võrreldes insektitsiididega kasulikele lüliljalgsetele ohutud (Jansen jt., 2017; Cruz jt., 2017; Madbouni jt., 2017). Jansen jt. (2017) uurisid 4 fungitsiidi (prokolaas, epoksikonasool, boskaliid, fluazinam) mõju parasitoidile (*Aphidius rhopalosiphi*), röövlestale (*Typhlodromus pyri*) ja kakstäpp lepatriinule (*Adalia bipunctata*). Tulemustest selgus, et neil fungitsiididel mõju suremusele puudus. Madbouni jt. (2017) leidsid oma töös, et kõigil 7 fungitsiidil (benomüül, klorotalonill, trifloksüstrobiin, vaskoksükloriid, penkonasool, cyasofamiid, fluopikoliid) polnud ühekordsel töötlusel mõju paraistoidile *Nesidiocoris tenuis*, kuigi korduval töötlusel benomüüli, klorotalonilli, trifloksüstrobiini ja vaskoksükloriidiga oli mõju suremusele märgatav. Fungitsiidide laialdase kasutuse tõttu põllumajanduses tuleks uurida põhjalikumalt mõju erinevatel mitte-sihtorganismidele (Cloyd, 2012).

Fungitsiidide kahjulikku mõju kasulikele lüliljalgsetele on täheldatud eelkõige koostoimes insektitsiididega. Johnson jt. (2013) viisid Ameerika Ühendriikides läbi katse, kus uuriti viie erineva fungitsiidi ja insektitsiidid koosmõju meemesilastele. Tulemusena selgus, et kõik viis fungitsiidi suurendavad insektitsiidi tau-fluvalinaadi toksilisust, kuni 2000 korda (Johnson jt, 2013). Pilling ja Jepson (1993) uurisid püretoidi ja fungitsiidi sünergismi mesilastele, ning uuringust selgus, et suurim sünergiline mõju oli propikonasoolil (fungitsiid), mis vähendas LD50 (pestitsiidi kontsentratsioon, mis tapab 50% katseloomadest) insektitsiidi lambdatsühalotriini 68-lt µg 4,2-ni µg. Mitmed eksperimendid kirjeldavad, kuidas fungitsiidid pärsivad putukatel mürkide väljutamist ja lagundamist kehast, ehk detoksifikatsiooni. Näiteks fungitsiidid nagu propikonasool ja tebukonasool

takistavad teiste pestitsiidide nagu tau-fluvalinaadi (insektitsiid) detoksifikatsiooni protsessi kimalase organismis (Ladurner jt., 2005). EBI (ergosterooli biosünteesi inhibiitor) tüüpi fungitsiidid on väga levinud ja peetakse mesilastele suhteliselt ohutuks, kuna neil fungitsiididel on kõrge LD50 väärtus. On leitud, et EBI fungitsiidid takistavad püretroidsete ainete detoksifikatsiooni protsessi mesilase kehas ja see suurendab püretroidide toksilisust (Pilling & Jepson, 1993). Papaefthimiou ja Theophilidi (2001) leidsid, et püretroid deltametriin (insektitsiid) mõjutab südame kontraktsioonide sagedust ja tugevust. Samasugust ja isegi veel tugevamat mõju avaldas imidasool-fungitsiid prokolaas (Papaefthimiou ja Theophilidis, 2001). Arvatakse, et imidasool pärsib mürkide väljutamist ning ka lagundamist organismis, suurendades püretroidide mürgisust putukatele (Pilling jt., 1995).

1.2.2. Füsioloogia

Madalad pestitsiidide kogused võivad mõjutada erinevaid lülialgseid subletaalselt ja sellega võivad kaasneda morfoloogilised ja füsioloogilised muutused putukas. Bernauer (2015) leidis oma töös, et klorotaloniga (fungitsiid) kokku puutunud mesilasperedes on väiksemad emamesilased. Hiinas leiti, et parasitoidi *Laodelphax striatellus*-se suguelundid olid läbinud muutused pärast fungitsiidi JGM-ga (jinggangmycin) kokkupuudet. Parasitoidide suguelundid ei olnud lõpuni arenenud, mille tõttu suguelundi klapp oli lühem ja õhem, ning munasarjas oli vähem munarakke. Karbendasiimiga (fungitsiid) mõjutatud emastel parasitoididel (*Laodelphax striatellus*) oli suguelundi klapp suurenenud ja munasarjas olid banaani kujulised munad (Wu jt., 2018). Samas leidis Cruz (2017), et tebukonasool ei mõjutanud mitte kuidagi parasitoidi *Palmistichus elaeisis* munade hulka ja neist koorunud vastsete sugude tasakaalu.

Vähem vastuoluline info ilmneb uuringust, mis käsitleb fungitsiidi ja insektitsiidi koosmõju. On leitud, et Deltametriini (insektitsiid) kasutamisel prokloraasiga tekkis

putukatel alajahtumine, kuigi pestitsiide eraldi testides mõju ei täheldatud (Vandame & Belzunces, 1998).

1.2.3. Põhikäitumised

Putukate põhikäitumised on omased käitumismustrid kõikidele putukatele. Kõige olulisem põhikäitumine on lokomotsioon, mis mängib rolli elukoha, toidu ja partneri otsingul, rändel, termoregulatsioonil ning enesekaitsel (Tooming, 2017).

Fungitsiidide mõju kasulike lülijalgsete põhikäitumistele on vaadeldud peamiselt parasitoididel, kuna neil esineb otsene seos munemisperioodi ja parasiteerimisevõimel ning sellest tuleneva biotõrje efektiivsuse vahel. Tööde tulemused olnud kahetised – Cruz jt. (2017) leidsid, et tebukonasool ei mõjuta parasitoidi *Palmistichus elaeisis*-se parasiteerimist, samas parasitoid *Trichogramma cacoeciae* vähendasid fungitsiidid (tiraam, mankotseeb, tolufluamüd ja *netzschwefel*) tema parasitismi kuni 100% (Hafes jt., 1999).

Ühest selgust ei ole ka fungitsiidide mõju kohta lülijalgsete munemisele. Madbouni jt. (2017) uurimistöös töödeldi röövlutikat *Nesidiocoris tenuis* 7 erineva fungitsiididga, aga järglaste arvukust vähendas vaid klorotalonill, teistel mõju ei täheldatud. Wu jt. (2018) uurimistöös selgus, et erinevad fungitsiidid mõjutavad tirdi *Laodelphax striatellus* munemist erinevalt. Kokkupuutes fungitsiid karbendasiimiga nende munemine suurenes 78%, aga teise fungitsiidiga (JGM) munemine vähenes 47,3%.

1.2.4. Populatsioon

Mitmes uurimistöös on leitud, et fungitsiidid vähendavad oluliselt bioloogilist mitmekesisust ja erinevate kasulike lülijalgsete arvukust ning suurendavad kahjurite arvukust (Geiger jt., 2010; Yardim ja Edwards, 1998; Nash jt., 2010). Geiger jt. (2010)

leidsid, et fungitsiidi kasutamisel vähenes 30% jooksiklaste liigiline koosseis. Fungitsiididega (klorotaloniil) töödeldud kimalasperedes vähenes tööliste arv 75% ja kimalaste biomass oli poole väiksem võrreldes fungitsiidivabade peredega. Fungitsiidi mõju lülilalgsetele oli veel näha ka 7 nädalat pärast töötlust (Sotherton jt., 1987). Kombineerides fungitsiidid insektitsiididega oli kahjulik mõju röövlülilalgsete arvukusele veelgi suurem (Yardim ja Edwards, 1998), selle tulemusena suureneb kahjurite hulk ja kahjustused taimedele. Yardimi ja Edwardsi (1998) fungitsiidiga (klorotaloniil) ja herbitsiididega (trifluraliin ja paraquat) töödeldud aladel leidus 33% rohkem lehetäisi kui kontrollaladel. Tänu fungitsiididele olid seenhaigused maha surutud ning seetõttu oli tomatites rohkem saadaval toitaineid ja kahjuritel oli tervetel taimedel parem elada.

1.3. Jooksiklaste taimekaitseline tähtsus

Jooksiklased kuuluvad putukate klassi ja mardikaliste seltsi. Jooksiklased on laialt levinud, maailmas on teada üle 40000 liigi, Euroopas esinevad neist umbes 2700 liiki (Kromp, 1999). Eestis on leitud umbes 270 liiki jooksiklasi (Haberman, 1968). Oma suure liigilise mitmekesisuse ja arvukusega on nad põhilised taimekahjurite looduslikud vaenlased, kuna nad on röövtoidulised. Värvuselt saab nad jagada kahte rühma ja selle järgi saab määrata nende eluviisi – heledad silmatorkava mustriga mardikad on enamasti päevase eluviisiga, tumedat värvi jooksiklased aga öise eluviisiga (Kromp, 1999). Põhiliselt elavad jooksiklased mullapinnal, aga on ka isendeid, kes elavad rohurindes. Kuigi enamus neist on lennuvõimelised, eelistab valdav osa neist kõndida. Toitumistüübilt jagunevad jooksiklased suuresti karnivoorideks ja omnivoorideks (Östman jt., 2001).

Jooksiklased on hästi suure söögiisuga ning pole toidu suhtes väga valivad, sellest tuleneb ka nende taimekaitseline tähtsus. Ühe ööga võivad jooksiklased süüa isegi 2–3 korda enda kehakaalust rohkem (Toft ja Bilde, 2002). Nad söövad mitmesuguseid kahjureid nagu kahetiivaliste mune ja vastseid (Buczacki ja Harris, 2010; Kromp, 1999), nälkjad (Buczacki ja Harris, 2010; Kromp, 1999), lehetäisi (Sunderland, 1975; Kromp, 1999), pahksäase

vastseid (Floate jt., 1990), õunamähkuri vastseid (Hagley jt., 1982) ja kartulimardika (*Leptinotarsa decemlineata*) mune ja vastseid. Jooksiklased ei hävita kahjureid mitte ainult valmikuna, vaid ka vastsetel on sarnane toidulaud nagu valmikutel (Toft ja Bilde 2002).

Jookisklaste hulgas on liike, kes tarbivad lisaks loomsele toidule ka taimseid osi (peamiselt umbrohuseemneid). Nad söövad seemneid, kuna neis on palju tähtsaid toitaineid, tihti isegi rohkem kui loomses toidus (Wallinger jt., 2015). Seemnetoidulised jooksiklased on samuti tähtsad taimekaitse seisukohalt, kuna nad on võimelised oluliselt vähendama umbrohtude osakaalu põllul (Westerman jt., 2003). Honek jt. (2003) on leidnud, et üks jooksiklane võib süüa 1 m² suuruselt alalt kuni 4000 seemet. Samas pole leitud, et nad sööksid teraviljaseemneid. Selle tulemusena väheneb mullas olev umbrohupank märgatavalt, tänu millele peab kasutama vähem taimekaitsevahendeid, mis on hea nii loodusele kui ka talunikule (Merivee jt., 2012). Inglismaal tehti hiljuti katse, kus 257 tootmispõllul uuriti jooksiklaste tähtsust seemnepanga vähendamisel. Selgus, et jooksiklased vähendasid 0,8 %–5,0 % mulla seemnepangast, mis on enam-vähem võrdne iga-aastase seemnepanga suurenemisega (Bohan jt., 2011).

Jooksiklased teevad suure kahjuritõrje ära juba varakevadel. Jooksiklaste üheks suureks söögiallikaks on lehetäid, kuna neid on palju ja kergesti kättesaadavad. Kevadel kooruvad lehetäid munadest ja on kergeks saagiks jooksiklastele (Toft ja Bilde 2002). On leitud ka, et jooksiklased (*Anchomenus dorsalis* ja *Poecilus cupreus*) piiravad rapiskahjurite (kärsakad) vastsete arvukust oluliselt ja sellega hoiavad kogu populatsiooni kontrolli all (Zaller jt., 2009).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katseloomad

Katsemardikateks kasutati metsa-süsijooksikuid *P. oblongopunctatus*. Nende kehapikkus on 9–12 mm. Nad on levinud üle kogu Euroopa ja Aasia põhjapoolsemas osas. Tegemist on metsaliigiga, keda leidub nii lehtpuu- kui ka okaspuu metsades. Metsa-süsijooksikud eelistavad kerget ja kuiva, peamiselt happelist mullastikku. Tegutsevad valdavalt öösel, aga kohati ka päeval. See liik paljuneb kevadel ja uus põlvkond hakkab tegutsema sügisel. (Lindroth, 1986)

Mardikad koguti nende talvituskohtadest 2017 aastal oktoobrikuus Lõuna-Eestist. Mardikaid hoiustati 20 × 30 × 10 cm plastkarpides temperatuuril +5 °C, mis olid täidetud pruunmädanenud puidu tükkidega. Enne katseid hoiti mardikaid 4 päeva üksteisest eraldi toatemperatuuril ja nad said iga päev joogiks puhast vett.

2.2. Fungitsiid Orius 250 EW

Taimekaitsevahend Orius 250 EW on süsteemne fungitsiid seenhaiguste tõrjeks tali- ja suvi-dral, tali- ja suvinisul, rukkil, kaeral, tritikalel ning tali- ja suvirapsil, tali- ja suvirüpsil. Kasutatakse ka kasvuregulaatorina tali- ja suvirapsil ning tali- ja suvirüpsil. Orius 250 EW on preparatiivse vormi poolest emulsioon ja tema toimeaineks on tebukonasool 250 g/L. Tebukonasooli kasutatakse enamasti ravivalt esimeste haigussümptomite ilmnemisel ning mõningatel juhtudel kaitsvalt enne haiguse ilnumist. Süsteemne toimeviis pärsib seene ainevahetust, mis vähendab mütseeli kasvu ja spooride moodustumist.

2.3. Katse ülesehitus

Jooksiklasi mõjutati katse esimesel päeval. Filmiti esimesel ja teisel päeval, seejärel jälgiti veel suremust nelja päeva jooksul. Mõlemal päeval filmiti 4 tundi järjest, 2 tundi ilma söögita ja 2 tundi söögiga. Toiduks oli vaklade ja vee homogeniseeritud segu. Igas katsevariandis oli mõjutamise hetkel 36 putukat.

2.3.1. Mardikate töötlemine fungitsiidiga

Mardikaid mõjutati fungitsiidiga Orius 250 EW. Kasutati suurimat ja vähimat lubatud kontsentratsiooni, toimeainet vastavalt 1,25 g/L ja 0,31 g/L. Mardikaid mõjutati fungitsiidi lahusega sissekastmismeetodil. Loomad oli sukeldatud lahusesse 5 sekundit. Kontrollgrupi mardikaid mõjutati samal viisil destilleeritud vees.

2.3.2. Mardikate lokomotoorse aktiivsuse videofilmimine

Mõjutatud mardikad asetati ühekaupa 85 mm Petri tassidele, mille põhjas oli niiske filterpaber. Petri tassid koos mardikatega asetati videofilmimiseks valgustihedasse $70 \times 50 \times 50$ cm kartongist kasti, Filmimiseks kasutati 65 cm kõrgusele paigutatud USB veebikaamerat C120 (Logitech Inc., USA) ja arvutitarkavara Debut Video Capture (NCH Software, USA). Valgustuseks kasutati nelja alalisvoolu LED lampi MR 16 (12 V, 6 W, 400 lm, 3000 K). Hajuvalguse tekitamiseks ja klaaspindadelt peegelduste vältimiseks asetati lambi ja areeni vahele riidest sirm. Areenide valgustihedust (1000 lx) mõõdeti digitaalse luksmeetriga TES-1335 (TES Electrical Electronic Corp., Taiwan). Filmimised viidi läbi temperatuuril 21 °C

2.3.3. Toitumis- ja lokomotoorse aktiivsuse mõõtmine

Töödeldud ja kontrollmardikate toitumise aktiivsust (toidu tarbimise määr, toiduala külastamine ja toidualal viibimise aeg) mõõdeti kahe tunni jooksul kahel päeval. Tarbitud toidu mõõtmiseks kasutati elektroonilist analüütilist kaalu AS 220/X (RADWAG Wagi Elektroniczne, Poola).

Videofaile analüüsiti spetsiaalse arvutitarkvaraga EthoVision XT Versioon 11 (Noldus Information Technology, Wageningen, Holland). Selle tarkvaraga analüüsiti mardikate poolt läbitud tee pikkust, toidu külastamist kordades ja ajaliselt. Kõiki andmeid analüüsiti esimese ja teise päeva filmimiste põhjal.

2.4. Statistiline analüüs

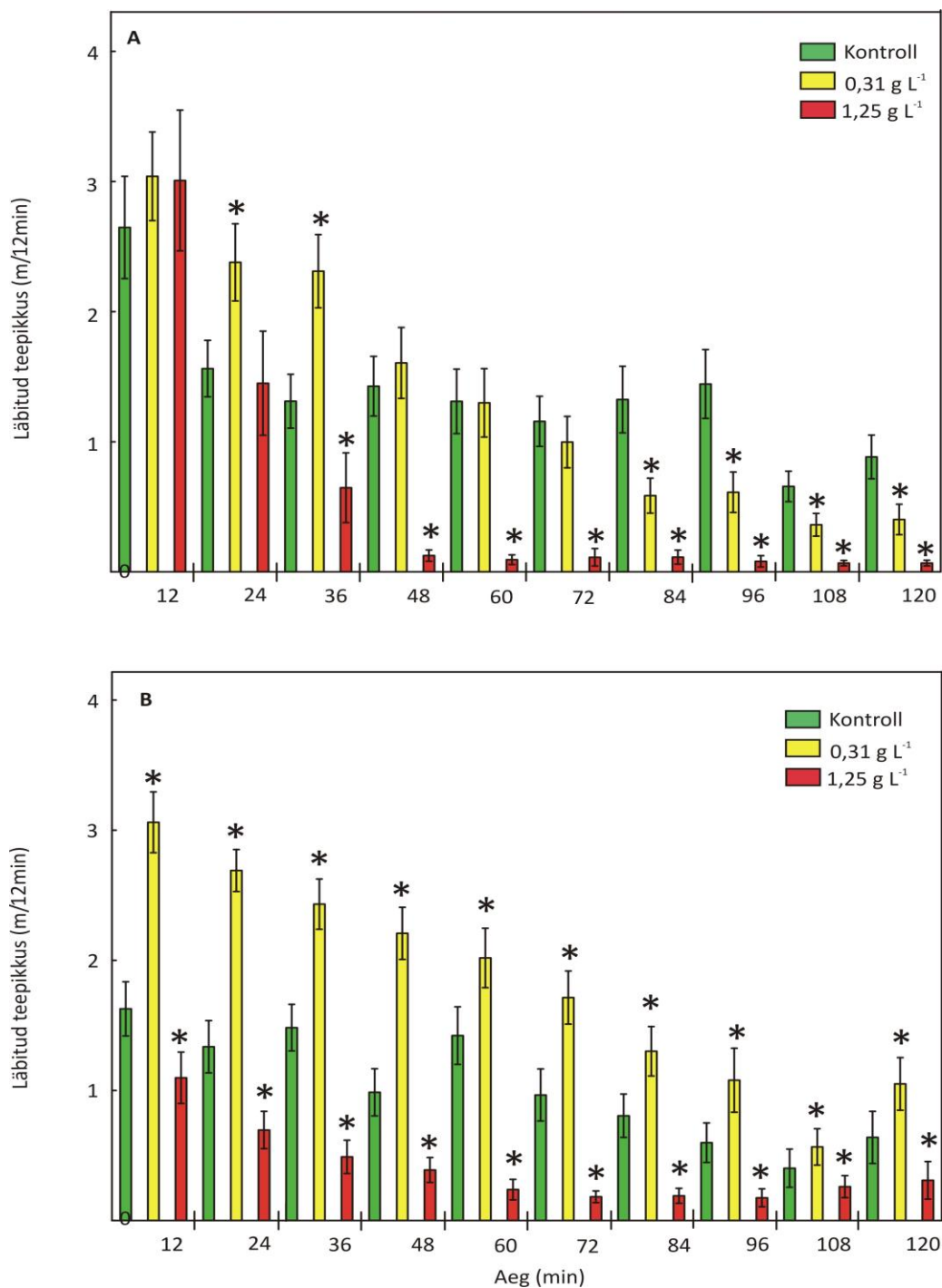
Katseandmed analüüsiti, kasutades programme Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corp., USA 2016) ja STATISTICA 13.3 (TIBCO Software Inc., USA 2017). Tarbitud toidu määrade ja lokomotoorse aktiivsuse võrdlemisel kasutati dispersioonanalüüsi ANOVA testi LSD $p < 0,05$.

3. TULEMUSED

3.1. Fungitsiidi mõju mardikate lokomotoorsele aktiivsusele

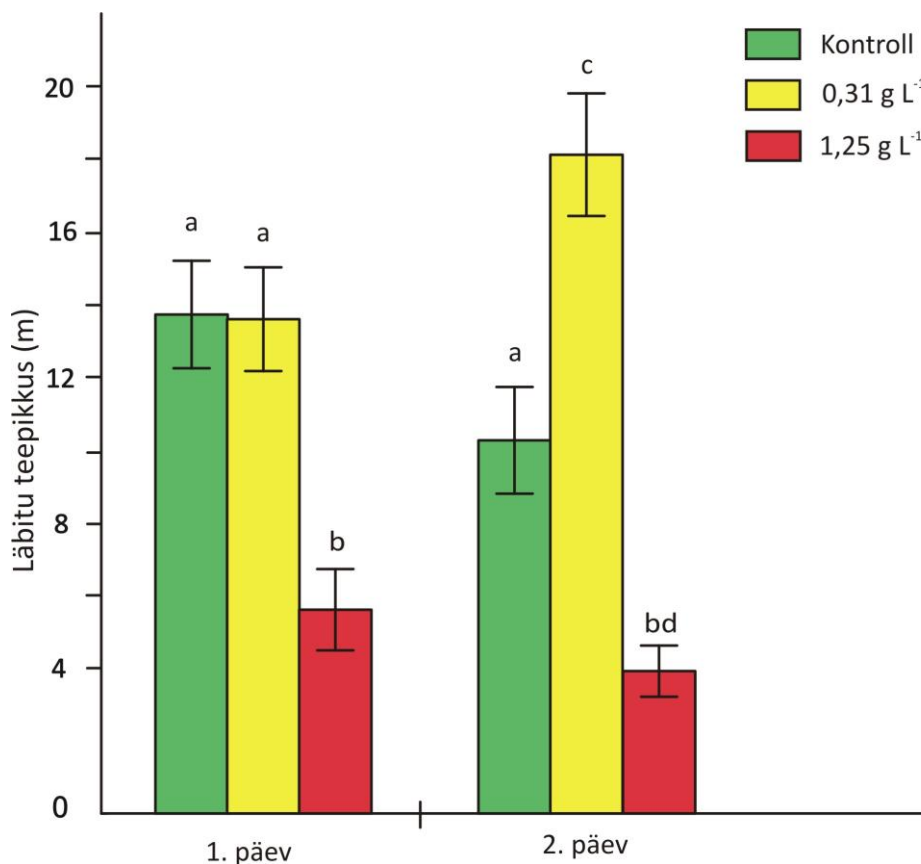
Fungitsiidiga töödeldud ja kontrollmardikate lokomotoorset aktiivsust filmiti esimesel ja teisel päeval. Mõlemal päeval filmiti mardikate lokomotoorset aktiivsust 2 tundi, esimesel päeval filmiti vahetult pärast töötlust ja teisel päeval toimus filmimine 24h hiljem. Lokomotoorse aktiivsuse näitajatenä kasutati mardikate poolt läbitud keskmist teepikkust 2 tunni jooksul ning läbitud teepikkuse muutumist 12 minuti kaupa.

Analüüsitud videod näitasid, et fungitsiidiga mõjutatud mardikate lokomotoorne aktiivsus sõltus nii lahuse kontsentratsioonist kui ka ajast, mis oli möödunud mõjutamisest. Aktiivsus dünaamika jooniselt on näha (joonis 3A), et nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikad olid vahetult pärast töötlust kuni 36 minutini hüperaktiivsed ehk nad läbisid pikema vahemaa kui kontrollgrupi jooksiklased. Esimese 36 minuti jooksul läbisid kontrollgrupi mardikad keskmiselt 7,0 m ja nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikad 9,3 m (joonis 3A). Hüperaktiivsusele järgnes hüpoaktiivsus ehk võrreldes kontrollmardikatega muutusid nad passiivsemaks – läbisid lühemad vahemaad. Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikad läbisid keskmiselt kontrollmardikatest 1,8 korda lühema vahemaa. Tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikate kogu läbitud teepikkus ei erinenud esimese 24 minuti jooksul kontrollgrupi mardikate läbitud teepikkusest (joonis 3A), vastavalt 4,5 m ja 4,3 m. Pärast esimest 24 minutit ilmnas katsemardikatel *knockdown-efekt* (mardikad selili, tehes ebamääraseid liigutusi pea, tundlate ja jalgadega), mille tõttu läbisid nad 6 korda lühema vahemaa võrreldes kontrollgrupi mardikatega.



Joonis 3. Fungitsiid Orius 250 EW mõju metsa-süsijooksiku aktiivsusele 12 minutilise intervalliga esimesel (A) ja teisel päeval (B). Tärnid tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust kontrollist (ANOVA, LSD test; $p < 0,05$; $N = 36$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standarddviaga

Vaadeldes kogu läbitud teepikkust 2h jooksul, siis esimesel päeval statistiliselt oluliselt vähem läbisid kontrollgrupi mardikatest tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikad (joonis 4). Kontrollgrupi mardikad läbisid 2 tunni jooksul 13,7 m ja tugevaima kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad läbisid sama ajaga 5,6 m, mis on 2,4 korda lühem vahemaa. Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud jooksiklaste poolt läbitud kogu teepikkus ei erinenud statistiliselt esimesel päeval kontrollist.



Joonis 4. Fungitsiid Orius mõju metsa-süsijooksiku läbitud teepikkusele (m) esimesel ja teisel päeval. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahe (ANOVA, LSD test; $p < 0,05$; $N = 36$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standardviga.

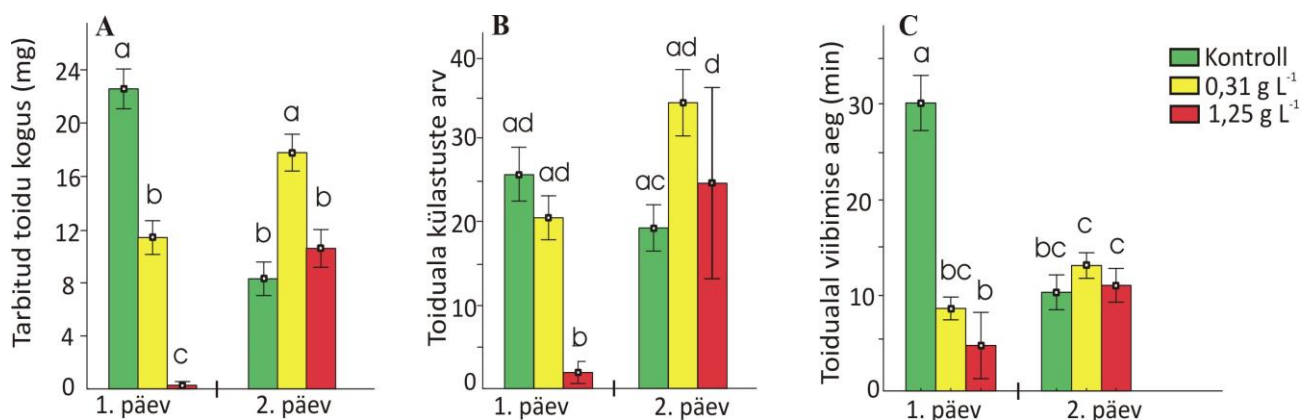
Teisel päeval olid nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad hüperaktiivsed ja tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad hüpoaktiivsed kogu kahe tunni vältel võrreldes kontrolliga (joonis 3B). Kui kontrollmardikad läbisid kahe tunni jooksul 10,3 m siis nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad läbisid 18,1 m ehk 1,7 korda pikema

vahemaa kui kontroll (joonis 4). Tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad olid teisel päeval endiselt hüpoaktiivsed, läbides 2 tunni jooksul 3,9 m, mis oli 2,6 korda lühem kui kontrollil.

3.2. Fungitsiidi mõju mardikate toitumisaktiivsusele

Fungitsiidiga mõjutatud mardikate toitumise aktiivsust filmiti esimesel ja teisel päeval kohe pärast lokomotoorse aktiivsuse filmimist. Katse käigus mõõdeti kolme toitumise iseloomustavat parameetrit: tarbitud toidu kogus, toiduallika külästuste arv, toiduallika juures viibimise aeg.

Fungitsiidil oli sõltuvalt töötuse kontsentratsioonist ja töötusest möödunud ajast mõju jooksiklase toitumisaktiivsusele. Katsetulemused näitasid, et esimesel päeval sõid kõik fungitsiidiga mõjutatud mardikad vähem toitu kui kontrollmardikad (joonis 5A). Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikad sõid kahe tunni jooksul keskmiselt 11,0 mg ja kontrollgrupi mardikad kaks korda rohkem. Tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikad sõid võrreldes kontrolliga 22 korda vähem. Nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad külastasid statistiliselt toiduala sama palju kui kontrollrühma mardikad (joonis 5B), aga viibitud aeg selles alas oli 3,5 korda lühem (joonis 5C). Tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad külastasid toiduala 13,5 korda vähem (joonis 5B) ning viibisid toidualas 6,3 korda vähem kui kontrollmardikad (joonis 5C).



Joonis 5. Fungitsiidi Orius mõju metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsusele esimesel ja teisel päeval. A- tarbitud toidu kogus; B - toiduala küllastuste arv; C - toidualal viibimise aeg. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahe (ANOVA, LSD test; $p < 0,05$; $N=36$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standardviga.

Teisel päeval oli toitumisaktiivsuses näha selge muutus. Kõik fungitsiidiga töödeldud mardikad sõid sõltuvalt fungitsiidi kontsentratsioonist 1,4 kuni 2,3 korda rohkem toitu kui kontrollmardikad (joonis 5A). Nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad külastasid keskmiselt 34,4 korda toiduala, mis oli kontrolliga võrreldes 1,8 korda rohkem, samas toidualal viibisid vaid 1,3 korda kauem. Tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad külastasid sama arv kordi toiduala kui kontroll (joonis 5B). Erinevusi ei täheldatud ka toidualas viibitud aja puhul (joonis 5C).

3.3. Orius 250 EW mõju metsa-süsijooksiklaste suremusele

Jooksiklaste suremust jälgiti kogu katse vältel, alates töötlustest 6 päeva jooksul. Orius 250 EW mõju kontsentratsioonidel (1,25 g/L ja 0,31 g/L) oli suremusele väike – kolmal katsepäeval suri 3 looma tugevama kontsentratsiooniga töödeldud katseloomadest, suremusprotsent 8,3%.

4. ARUTELU

Käesolevas bakalaureusetöös mõõdeti esmakordselt fungitsiidi mõju metsa-süsijooksikute (*P. oblongopunctatus*) kahele põhikäitumisele – lokomotsioonile ja toitumisele. Muutused põhikäitumistes sõltusid kasutatud taimekaitsevahendi kontsentratsioonist ja töötlusele järgnenud ajast.

Fungitsiidi tugev kontsentratsioon (toimeaine sisaldus 1,25 g/L) põhjustas metsa-süsijooksikutel hüpoaktiivsust, mis kestis veel ka järgmisel päeval pärast töötlust. Jooksikute esimese päeva hüpoaktiivsus oli tingitud *knockdown-efektist*, mille tagajärjel seisid mardikad ühe kohapeal, tehes ebamääraseid liigutusi nii jalgade kui peaga. Katse teiseks päevaks olid mardikate *knockdown efekti* ilmingud küll kadunud, kuid mardikad olid sellest hoolimata endiselt hüpoaktiivsed. *Knockdown-efekt* ja hüpoaktiivsus võivad muuta jooksiklased kergeks saagiks teistele röövtoidulistele loomadele (Kunkel, 2001). Nõrgema kontsentratsiooniga (toimeaine sisaldus 0,31 g/L) töödeldud jooksiklased läbisid esimesel päeval sama pika vahemaa kui kontroll, aga teisel päeval olid hüperaktiivsed kogu kahe tunni vältel. Hüperaktiivsuse tõttu võivad jooksiklased teha valesid otsuseid ja seetõttu hukkuda, näiteks ei püsi nad kuuma ilmaga varjus ja sellest tingituna võivad hukkuda ülekuumenemise tõttu (Merivee, 2016).

Fungitsiid Orius mõju jooksiklaste toitumisaktiivsusele sõltus kontsentratsioonist ning töötlusele järgnenud ajast. Fungitsiidi tugevam kontsentratsioon mõjus jooksiklastele toitumisaktiivsusele pärssivalt kõikides vaadeldud toitumisaktiivsuse parameetrites. Kahe päeva jooksul tarbiti kokku ca 3 korda vähem toitu, toiduala külastati 1,5 korda vähem ning seal viibiti 2 korda vähem aega. Vaadeldud mõju on tõenäoliselt tingitud *knockdown-efektist* ning putukate hüpoaktiivsusest.

Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud mardikate toitumisaktiivsuse muutus sõltus töötlusele järgnenud ajast. Esimesel päeval tarbiti ca 50% vähem toitu, seda aga kolm korda lühema aja jooksul võrreldes kontrollmardikatega. Teisel päeval tarbiti ca 50% rohkem toitu, seda aga kontrollmardikatega sarnase aja jooksul. Vaadeldes toiduala külastuste arvu,

mis on ca 1,5 korda suurem kontrollist, võib põhjust muutustele otsida loomade hüperaktiivsusest. Lisaks on selline käitumismuster omane putukatel, kes on kokku puutunud erinevate taimekaitsevahenditega. Arvatavasti on tegu detoksifikatsiooni protsessi ilminguga (Liu jt., 2006).

Mitmed autorid on oma uurimistöodes leidnud, et pestitsiidide mõjul on kasulike lüljalgsete liikuvus suurenenud ja oletanud, et siis nende biotõrje efektiivsus suureneb (Wiles & Jepson, 1994). Pestitsiidi poolt tekitatud ärritus ajendab küll putukaid liikuma, kuid nad võivad ka liikuda töödeldud aladelt eemale, seega kõrgendatud motoorne aktiivsus ei suurenda kahjurite hävitamist sellel alal vaid vähendab. Samas kui nad liiguvad töödeldud alast eemale ja liiguvad avamaastikule, on nad kergeks saagiks sipelgatele (Kunkel, 2001).

Vaadeldud fungitsiidi mõju jooksiklaste suremusele oli väga väike. Fungitsiidi Orius tugevate kontsentratsioonide korral oli metsa-süsijooksikute suremus 8%, madalamal kontsentratsioonil puudus aga üldse mõju jooksikute suremusele. Käesoleva bakalaureusetöö katsetulemused on kooskõlas ka varasemate kirjanduse andmetega, kus on leitud, et erinevate fungitsiidide ühekordsel töötlusel puudub mõju röövlüljalgsete suremusele (Jansen jt., 2017; Madbouni jt., 2017).

Käesoleva uurimistöö katsete tulemused näitasid, et tebukonasool on metsa-süsijooksikutele suhteliselt ohutu, ent põhjustab suuri muutusi põhikäitumistes. Seega pole suremus ainuke adekvaatne tegur hindamaks preparaadi ohutust. Häiringud lokomotsioonis- ja toitumisaktiivuses annavad alust oletada, et jooksiklaste kokkupuude tebukonasoolil põhineva fungitsiidiga vähendab nende biotõrjelist efektiivsust.

5. KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli esmakordselt mõõta fungitsiidi Orius 250 EW (toimeaine tebukonasool) mõju metsa-süsijooksikute (*P. oblongopunctatus*) põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumisele. Töö kirjanduspõhises osas anti ülevaade fungitsiide kasutamisest ja mõjust lüljalgsetele. Selgus, et enamasti on uuritud fungitsiidide mõju lüljalgsete suremusele, kuid nende mõju putukate põhikäitumistele on uuritud väga vähe.

Katse praktilises osas töödeldi jooksiklasi fungitsiidi kahe erineva lahusega, toimeaine kontsentratsioonidega 1,25 g/L ja 0,31 g/L, mis on vastavalt maksimaalne ja minimaalne kontsentratsioon, mida on põllul lubatud kasutada. Mardikaid mõjutati sissekastmismeetodil, kestvusega 5 sekundit. Jooksiklaste käitumist filmiti veebikaamera vahendusel kahel järjestikusel päeval pärast esimest töötlust. Andmete töötlemiseks ja analüüsimiseks kasutati arvutitarkvara Ethovision XT. Katse käigus mõõdeti erinevaid lokomotoorse ja toitumisaktiivsuse parameetreid: läbitud teepikkust, toiduala külastamist ja selles alas viibitud aega ning tarbitud toidu kogust. Pärast filmimist jälgiti veel mardikate suremust neljal katsejärgsel päeval.

Uurimistöö tulemustes selgus, et mõlemal fungitsiidi kontsentratsioonil oli mõju jooksiklaste lokomotsioonile ja toitumisele. Tugevama kontsentratsiooniga töödeldud mardikad olid mõlemal päeval hüpoaktiivsed ja läbisid kontrollmardikatest 2,5 korda lühema vahemaa. Nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud mardikad läbisid esimesel päeval sama pika vahemaa nagu kontroll, aga teisel päeval muutusid hüperaktiivseteks ja läbisid 1,8 korda pikema vahemaa. Tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud mardikatele mõjus fungitsiid toitumisele pärssivalt, tarbides kahe päeva peale 3 korda vähem toitu kui kontrollmardikad. Nõrgema kontsentratsiooniga töödeldud jooksiklaste toitumisaktiivsus sõltus töötlusele järgnenud ajast. Esimesel päeval tarbisid nad 50% vähem toitu ja teisel päeval 50% rohkem toitu kui kontroll.

Käesoleva uurimistöö tulemused näitasid, et fungitsiidil Orius 250 EW oli mõju metsa-süsijooksiku lokomotsioonile ja toitumisele. Kinnitust leidsid ka uurimistöös püstitatud hüpoteesid, mille kohaselt fungitsiid Orius 250 EW kutsus esile muutusi metsa-süsijooksiku lokomotoorses aktiivsuses ja toitumisaktiivsuses. Muutused jooksiklaste põhikäitumistes võivad vähendada nende biotõrjelist efektiivsust.

Edasi tuleks uurida veel erineva toimeainega fungitsiidide mõju kasulike lüljalgsete põhikäitumistele .

KASUTATUD KIRJANDUS

Bernauer, O.M., Gaines-Day, H., Steffan, S.A. (2015). Colonies of bumble bees (*Bombus impatiens*) produce fewer workers, less bee biomass, and have smaller mother queens following fungicide exposure. *Insects*. 6, 478-488.

Bohan, D.A., Boursault, A., Brooks, D.R., Petit, S. (2011). National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*. 48, 888-898.

Buczacki, S., Harris, K. (2010) Taimekahjurite ja haiguste käsiraamat. Tallinn. Varraks. 23-25; 39-40.

Cloyd, R.A. (2012). Indirect effects of pesticides on natural enemies. *InTech*. 6, 127-150.

Cruz, R.A., Zanunico, J.C., Lacerda, M.C., Wilcken, C.F., Fernandes, F.L., Tavares, W.S., Soares, M.A., Sediyaama, C.S. (2017). Side-effects of pesticides on the generalist endoparasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Nature*. 1-8.

Deacon, J. (2007). *Fungal Biology*. Blackwell Publishing Ltd. 344–345.

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52, 81-106.

Dias, M.C. (2012). Phytotoxicity: an overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany*. 2–4.

Dreisig, H. (1981). The rate of predation and its temperature dependence in a tiger beetle, *Cicindela hybrida*. *Zoological Lab Oikos*. 36, 196-202.

Floate, K.D., Doane, J.F., Gillott, C. (1990). Carabid predators of the wheat midge (*Diptera, Cecidomyiidae*). *Saskatchewan Environmental Entomology*. 1503–1511lk.

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharntke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Riccardo, B., Pärt, T., Brentagnolle, V., Plantegenest, M., Vlement, L.W., Dennis, C., Palmer, C., Onate, J.J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart,

P.W., Inchuasti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*. 11, 97–105.

Haberman, H. (1968). Eesti looduslikud. Tallinn: Valgus. 464 lk

Hafez, M.B., Schmitt, A., Hassan, S.A. (1999). The side-effects of plant extracts and metabolites of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai and conventional fungicides on the beneficial organism *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). *Journal of Applied Entomology*. 123, 363-368.

Hagley, E.A.C., Holliday, N.J., Barber, D.R. (1982). Laboratory studies of the food preferences of some orchard carabids (Coleoptera; Carabidae). *The Canadian Entomologist*. 114, 431-437.

Honek, A., Martinkova, Z., Jarosik, V. (2003). Ground beetles (Carabidae) as seed predators, *European Journal of Entomology*. 100, 531–544.

<http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=132&sub2=520> (18.05.2018)

Jansen, J.P., Lauvaux, S., Gruntow, J., Denayer, J. (2017). Possible synergistic effects of fungicide-insecticide mixtures on beneficial arthropods. *IOBC-WPRS Bulletin*. 125, 28-35.

Johnson, R.M., Dahlgren, L., Siegfried, B.D., Ellis, M.D. 2013. Acaricide, fungicide and drug interactions in honey bees (*Apis Mellifera*). *PLoS ONE*. 8 (1), 1-10.

KK2082: Taimekaitsevahendite kasutamise põllumajanduslikes maapidamistes maakonna ja kultuuri järgi (andmed uuendatud 08.12.2016) Eesti Statistika andmebaas. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2082&ti=TAIMEKAITSEVAHENDITE+KASUTAMINE+P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+MAAKONNA+JA+KULTUURI+J%C4RGI&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2> (07.05.2018)

KK2085: Turustatud taimekaitsevahendid toimeaine järgi (andmed uuendatud 08.12.2016) Eesti Statistika andmebaas. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=KK2085> (07.05.2018)

Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74, 187-228.

- Kunkel, B.A., Held, D.W., Potter, D.A.** (2001). Lethal and sublethal effects of bendiocarb, halofenozide, and imidacloprid on *Harpalus pennsylvanicus* (Coleoptera: Carabidae) following different modes of exposure in turfgrass. *Journal of Economic Entomology*. 94, 1, 60–67
- Ladurner, E., Bosch, J., Kemp, W.P., Maini, S.** (2005). Assessing delayed and acute toxicity of five formulated fungicides to *Osmia lignaria* Say and *Apis mellifera*. *Apidologie*. 36, 449-460.
- Lindroth, C.H., Bangsholt, F., Baranowski, R., erwin, T.L., Jorum, P., Landin, B.O., Refseth, D., Silfverberg, H.** (1986). The carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Scandinavian Science Press Ltd. 15(2), 246-249.
- Liu, N., Zhu, F., Xu, Q., Julia, W., Gao, X.** (2006). Behavioral change, physiological modification, and metabolic detoxification: mechanisms of insecticide resistance. *Acta Entomologica Sinica*. 49(4), 671-679.
- Madbouni, M.A. Z., Samih, M.A., Qureshi, J.A., Biondi, A., Namvar, P.** (2017). Compatibility of insecticides and fungicides with the zoophytophagous mirid predator *Nesidiocoris tenuis*. *PLoS ONE*. 12 (11), 1-16.
- Merivee, E.** (2012). Seemnesööjad- Eesti Loodus.
http://www.eestiloodus.ee/artikkel4782_4760.html (14.05.2018).
- Merivee, E., Tooming, E., Must, A., Sibul, I., Williams I.** (2015). Low doses of the common alpha-cypermethrin insecticide affect behavioural thermoregulation of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera:Carabidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 120, 286–294.
- Mullin, C.A., Frazier, M., Frazier, J.L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., Pettis, J.S.** (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE*. 5 (3), 1-19.
- Nash, M.A., Hoffmann, A.A., Thomson, L. J.** (2010). Identifying signature of chemical applications on indigenous and invasive nontarget arthropod communities in vineyards. *Ecological Applications*. 20(6), 1693–1703.
- Papaefthimiou, C., Theophilidis, G.** (2001). The cardiotoxic action of the pyrethroid insecticide deltamethrin, the azole fungicide prochloraz, and their synergy on the semi-isolated heart of the bee *Apis mellifera macedonica*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 69, 77–91.

Pestitsiidijäädid põllumuldades 2014-15. (2016). Põllumajandusuuringute keskus. http://mahekeskus.emu.ee/userfiles/yksused/mahekeskus/mahekeskus/Elukeskkonna%20kvaliteet%202016/Priit%20Penu_Pestitsiidijaagid%20põllumuldades%202014-2015.pdf (14.05.2018).

Pilling E. D., Jepson P. C. (1993). Synergism between EBI fungicides and a pyrethroid insecticide in the honeybee (*Apis Mellifera*). Pesticide Science. 39, 293–297.

Pilling, E.D., Bromley-Challenor, K.A.C., Walker, C.H., Jepson, P.C. (1995) Mechanism of synergism between the pyrethroid insecticide λ -cyhalothrin and the imidazole fungicide prochloraz, in the honeybee (*Apis mellifera* L.) Pesticide Biochemistry and Physiology. 51, 1-11

Põllumajandusamet. <https://portaal.agri.ee/avalik/#/taimekaitse/taimekaitsevahendid-otsing/et> (18.05.2018) <http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=132&sub2=520> (18.05.2018)

Roberts, T.R., Huston, D.H., Jewess, P.J., Lee, P.W., Nicholls, P.H., Plimmer, J.R. (1999). Metabolic pathways of agrochemicals. Part 2: Insecticides and fungicides. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. 1502 lk.

Stark, J.D., Banks, J.E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology. 48, 505–519.

Sunderland, K.D. (1975). The diet of some predatory arthropods in cereal crops. Journal of Applied Ecology. 12, 507-515.

Zaller, J.G., Moser, D., Drapela, T., Frank, T. (2009). Ground-dwelling predators can affect within-field pest insect emergence in winter oilseed rape fields. BioControl. 54, 247–253.

Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees. (2018). Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.

https://www.envir.ee/sites/default/files/taimekaitsevahendite_jaakide_sisalduse_ja_dunaamika_uuring_pinna-ja_pohjavees_2018.pdf (19.05.2018)

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature. 418, 671-677.

Toft, S., Bilde, T. (2002). The agroecology of carabid beetles- carabid diets and food value. 81(99), 101-102.

- Tooming, E.** (2017). The Sublethal effects on neurotoxic insecticides on the Basic behaviours of agriculturally important carabid beetles. 1-92
- Waller, C., Sint, D., baier, F., Schmid, C., Mayer, R., Traugott, M.** (2015). Detection of seed DNA in regurgitates of granivorous carabid beetles. Bulletin of Entomological Research. 1-8.
- Vandame, R., Belzunces, L.P.** (1998). Joint actions of deltamethrin and azole fungicides on honey bee thermoregulation. Neuroscience letters. 251, 57-60.
- Westerman, P.R., Wes, J.S., Kropff, M.J., Van der Werf, W.** (2003). Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. Journal of Applied Ecology. 40, 824–836.
- Wiles, J.A., Jepson, P.C.** 1994. Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the within crop behaviour and distribution of *Coccinella septempunctata*. Entomologia Experimentalis Et Applicata. 72(1), 33–45.
- Östman, O., Ekborn, B., Bengtsson, J.** (2001). Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. Basic and Applied Ecology, 2, 365–371.
- Yardim, E.N., Edwards, C.A.** (1998). The influence of chemical management of pests, diseases and weeds on pest and predatory arthropods associated with tomatoes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 70, 31-48.
- You Wu, Jun Ding, Bing Xu, Linlin You, Linquan Ge, Guoqing Yang, Fang Liu, David Stanley, Qisheng Song, Jincai Wu.** (2018). Two fungicides alter reproduction of the small brown planthopper *Laodelphax striatellus* by influencing gene and protein expression. Journal of Proteome Research, 17 (3), 978-986.

LISAD

LISA 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Hannes Lige, (07.09.1993) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „Fungitsiidi Orion 250 EW mõju metsa-süsijooksiku põhikäitumistele“, mille juhendajad on Karin Nurme MSc ja Anne Must PhD,

salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.1. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.2. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 23.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)